

## ЛИТЕРАТУРА

1. Camacho E.F., Bordons C. Model Predictive Control. – London: Springer-Verlag, 2004.
2. Kogan M.M., Neimark Yu.I. On the optimality of locally optimal solutions of linear-quadratic problems of control and filtering // Automation and Remote Control. – 1992. – V. 53, – N. 4, – P.561–569.
3. Conte P., Pennesi P. Inventory control by model predictive control methods // Proc. 16th IFAC World Congress, Czech Republic, – Prague, 2005. – P. 1–6.
4. Stoica C., Arahall M. Application of robustified model predictive control to a production-inventory system // Proc. 48th IEEE Conference on Decision and Control and 28th Chinese Control Conference Shanghai. – China, 2009. – P. 3993–3998.
5. Henneta J.-C. A globally optimal local inventory control policy for multistage supply chains // Int. J. of Production Research. – 2009. – V. 47. – Issue 2. – P. 435–453.
6. Smagin V.I., Koshkin G.M., Kim R.S. Locally Optimal Inventory Control with Time Delay in Deliveries and Incomplete Information on Demand // Proc. II International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management. February 15-18. – Beer Sheva. Israel, 2016. – P. 570–574.
7. Dombrovskii V., Obedko T. Model predictive control for constrained systems with serially correlated stochastic parameters and portfolio optimization // Automatica. – 2015. – V. 54. – P. 325–331.
8. Janczak D., Grishin Y., State estimation of linear dynamic system with unknown input and uncertain observation using dynamic programming // Control and Cybernetics. – 2006. – V. 35. – N. 4. – P. 851–862.
9. Smagin V., Koshkin G. Kalman filtering and control algorithms for systems with unknown disturbances and parameters using nonparametric technique // Proc. 20<sup>th</sup> Int. Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), – Miedzyzdroje, Poland. – 2015. – P. 247-251.
10. Anderson T.W., The Statistical Analysis of Time Series. – New York, John Wiley, 1971.
11. Dobrovidov A., Koshkin G., Vasiliev V. Non-parametric state space models. Heber, UT 84032, USA. – Kendrick Press, Inc. 2012.
12. Leung D. Cross-validation in nonparametric regression with outliers // Annals of Statistics. – 2005. – V. 33. – P. 2291–2310.

## РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРУЧКИ

*Е.С. Соломенцева*

*(г. Томск, Томский Государственный Университет  
Систем Управления и Радиоэлектроники)  
e-mail: katerinkas\_1995@mail.ru*

## REGRESSION MODELS FOR REVENUE FORECASTING

*E.S. Solomenceva*

*(Tomsk, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics)*

**Abstract.** This work is dedicated to forecasting revenue using regression models. Autoregressive model, model of seasonal component, model of revenue dependence from day of week are considered.

**Key words:** Regression models, receipts, forecast, error.

**Введение.** Выручка является одним из основным показателем деятельности предприятия. Для планирования бюджета, расходов организации, а также выявления тенденции развития определяются прогнозные значения выручки. В настоящее время существует большое

количество методов прогнозирования: скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание, модели регрессии, нейронные сети и т.д., каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Для улучшения прогноза также используется комбинация методов.

Данная работа посвящена прогнозированию выручки с использованием регрессионных моделей. Выбор регрессионной модели зависит от характера изменения значений. В представленном исследовании были использованы ежедневные данные торговой точки за два года, в которых наблюдается выраженные периодические колебания значений (рис.1), что связано с зависимостью выручки предприятия от дня недели: в выходные дни она значительно выше (на рис.1 выходные дни приходятся на 4-5, 11-12, 18-19 числа месяца).

В связи с этим были выбраны три модели, позволяющие учесть данную особенность: авторегрессионная модель, регрессионная модель с включением сезонной составляющей (аддитивная модель) и линейная регрессионная модель (с разбивкой данных по дням недели). В данном исследовании предполагается также рассмотреть комбинации моделей и выполнить учет праздничных дней. В качестве характеристик сравнения моделей будут рассчитаны индекс детерминации и ошибка модели. При этом значение ошибки будет рассчитано для всей выборки и для прогнозной выборки.



Рисунок 1 – Динамика выручки

### Регрессионные модели.

Авторегрессионная модель  $p$ -го порядка имеет вид [1]:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_t,$$

где  $y_t$  - значение зависимой переменной в момент времени  $t$  (в данной работе в качестве зависимой переменной выступает выручка);

$\beta$  - параметры регрессии, оцениваемые с помощью метода наименьших квадратов;

$t$  - номер дня;

$\varepsilon_t$  - случайный остаток.

Данная модель описывает значение выручки в момент  $t$  в зависимости от её величины в предыдущие моменты  $t-1$ ,  $t-2$ ,  $t-p$ . Если значение  $y_t$  в момент  $t$  определяется только ее величиной в предшествующий период  $t-1$ , то такая модель является авторегрессионной моделью 1-го порядка. В данной работе будут представлены авторегрессионные модели первого, второго и седьмого порядков.

При моделировании выручки с помощью сезонных компонент путем анализа структуры сезонных колебаний выполняется выбор модели временного ряда: аддитивной или мультипликативной [2-3]. При постоянной амплитуде сезонных колебаний используется аддитив-

ная модель, если амплитуда изменяется (возрастает, уменьшается), то применяется мультипликативная модель. Поскольку в данном случае амплитуда постоянна, то используется аддитивная модель, которая имеет вид:

$$Y = S + T + E,$$

где  $Y$  - прогнозное значение выручки;

$S$  - сезонная вариация;

$T$  - трендовое значение;

$E$  - случайная ошибка модели.

Третья модель, используемая в данном исследовании – линейная модель парной регрессии:

$$y_t^{(j)} = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t.$$

где  $j$  - номер дня недели (1-понедельник, 2- вторник и т.д.),  $j = 1..7$ .

Для каждого дня недели строится своя модель. В зависимости от того, к какому дню недели принадлежит прогнозное значение, происходит выбор той или иной модели.

Кроме того, в ходе изучения данных было обнаружено, что на величину выручки влияет не только день недели, но и тот факт, является ли день праздничным. Для учета праздничных дней используется схема, включающая удаление праздничных дней из выборки; определение, являются ли праздничные дни «выбросом» для выборки; расчет полученного прироста выручки (если праздничный день является «выбросом»). Далее если прогнозное значение выпадает на праздничный день, оно корректируется с учетом полученного прироста.

**Заключение.** В представленной работе рассмотрены регрессионные модели прогнозирования выручки. Были выбраны три модели, позволяющие учесть периодические колебания в данных, вызванные неравномерным распределением выручки в течение недели. Выполнено моделирование с использованием реальных данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Эконометрика – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с.
2. Одияко Н.Н, Голодня Н.Ю. Применение аддитивной и мультипликативной моделей прогнозирования // Экономика и предпринимательство. – 2013. – Т. 41. – № 12. – С. 667–674.
3. Любушин Н.П, Бабичева Н.Э. Анализ подходов к оценке и прогнозированию выручки от продаж с учетом сезонной составляющей // Экономический анализ: теория и практика. – 2004. – № 6. – С. 6–16.

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАКУПОК С ПОМОЩЬЮ ОБРАТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

*П.Э.Тугар-оол*

*(г. Томск, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)  
e-mail: paula94@rambler.ru*

#### SOLUTION OF THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF PROCUREMENT WITH REVERSE CALCULATIONS

*P.E. Tugar-ool*

*(Tomsk, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics)*

**Abstract.** The article describes the solution of the problem of optimization of purchases with the help of reverse computations with known demand, price and volume of funds